

# **DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**KAPOSVÁRI EGYETEM**

**ÁLLATTUDOMÁNYI KAR**

**Természetvédelmi Tanszék**

A doktori iskola vezetője:

**PROF. DR. KOVÁCS MELINDA**

egyetemi tanár

Témavezető:

**DR. HANCZ CSABA**

a mezőgazdasági tudomány kandidátusa

## **A TAKARMÁNY ZSÍRFORRÁSAINAK ÉS KÜLÖNBÖZŐ MÉRTÉKŰ SZELÉN KIEGÉSZÍTÉSÉNEK HATÁSA AZ AFRIKAI HARCSA ÉS A NÍLUSI TILÁPIA FILÉ ÖSSZETÉTELÉRE**

Készítette:

**BIRÓ JANKA**

**KAPOSVÁR**

**2013.**

## 1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉS

Az intenzív haltermelő gazdaságok nagymértékben függenek a tengeri fogásokból származó halolajtól és hallisztól. 2006-ban a halolajtermelés 88,5 %-át az akvakultúra szektor fogyasztotta el (Tacon és Metian, 2008). A tengeri halászatból származó fogások nem képesek kielégíteni ennek a gyorsan növekvő ágazatnak az igényeit, ezért a „halból-halat” koncepció egyre tarthatatlanabbá válik. A halolaj kiváltásának lehetőségét az alternatív olajforrások, például növényi olajok jelenthetik, így egyre több kutatás foglalkozik ezzel a kérdéskörrel.

Hazánkban az intenzív üzemek meghatározó halfaja az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*), amely az összes étkezési haltermelés 8,9 %-át, az intenzív étkezési hal termelés 93 %-át adta 2010-ben (Jámborné és Bardócz, 2011). A nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) hazánkban ugyan nem tett ilyen nagy népszerűsége szert, viszont jelentőségét jelzi, hogy a világon az édesvízi akvakultúrákban a pontyfélék után a legnagyobb mennyiségben termelik (Turan és mtsai., 2007).

Magyarországon az egy főre jutó éves halfogyasztás 4,2 kg, amely messze elmarad az Európai Unió átlagától (22 kg) (Failler, 2007). Általában elmondható, hogy a halhús fogyasztásának mértéke jól jelzi az adott ország korszerű táplálkozási színvonalát, ezért fontos népegészségügyi feladat lenne ennek a tápláléknak az arányát növelni. A halfogyasztás mértéke viszont évek óta alig változik, a fellendülést a termékválaszték bővítése, így például a halból készült funkcionális élelmiszerek előállítása is elősegítheti.

A halhús közismerten egészséges, könnyen emészthető és telítetlen zsírsavakban gazdag. A halgazdaságokban termelt hal zsírsav-összetétele állandóbb, mint a tengeri halaké és kevésbé függ a szezonális változásoktól (Cahu és mtsai., 2004), mivel a halfilé zsírsav-összetétele közvetlenül

tükrözi a tápban használt olaj zsírsav összetételét (Ng és mtsai., 2007). Ezt kihasználva a hal test-zsírosszetétele módosítható, annak érdekében, hogy az emberi szervezet számára fontos eikozapentaénsavat (EPA) és dokozahexaénsavat (DHA) nagyobb arányban tartalmazza. Ilyen módon a halfilé zsírsav-összetételének befolyásolásával funkcionális élelmiszert állíthatunk elő.

A Kárpát-medence a szelénrel kevésbé jól ellátott területek közé tartozik, ezért különösen fontos a táplálék szeléntartalmának növelése. A takarmányozáson keresztül, a hal szervezetébe szelént juttatva, szintén előállítható funkcionális élelmiszer. Mivel a hazai haltermelésben még kevésbé terjedtek el a minőségi, ezen belül a funkcionális élelmiszerek előállítását célzó eljárások, az erre irányuló kutatások úttörő jellegűek.

Kutatómunkám során céloom volt:

1. Vizsgálni, hogy különböző lipidforrások, úgyis mint a halolaj, és két növényi olaj, a szójaolaj, valamint a lenolaj hogyan befolyásolják az afrikai harcsa és a nílusi tilápia testösszetételét, különös tekintettel a filé kémiai összetételére, a filé zsírsav-profiljának változására, és a hagyományos húsminőségre. A nílusi tilápia esetében vizsgálni kívántam azt is, hogy ivar szerint milyen eltérések mutatkoznak a zsírsav-profilban.
2. Meghatározni azt, hogy az általam vizsgált fajok esetében a takarmány megnövelt szeléntartalma milyen mértékben épül be a halak filéjébe.
3. Célul tűztem ki továbbá a funkcionális élelmiszer előállításának céljából alkalmazott szójaolaj és szelénkiegészítések megmaradásra, takarmányértékesítésre, tömeggyarapodásra gyakorolt hatásának vizsgálatát, a filé szeléntartalmának és zsírsav-profiljának nyomon követését.

## **2. ANYAG ÉS MÓDSZER**

Disszertációmban hat kísérlet kerül ismertetésre, munkám során 3-3 vizsgálatot állítottam be afrikai harcsa és nílusi tilápia fajokkal. A kísérletpárokat ugyanazon nevelőrendszerben, az első négy kísérletet időben eltolva, az 5. és 6. kísérletet pedig párhuzamosan végeztem el. Az 1. és 2. kísérletben afrikai harcsát, illetve nílusi tilápiát takarmányoztam állati és növényi eredetű (hal-, len-, és szójaolaj) zsírforrást tartalmazó takarmányokkal, a 3. és 4. vizsgálatban pedig különböző mértékű szelénkiegészítést tartalmazó takarmányokkal. Az 5. és 6. kísérletben a filé összetétel szempontjából legjobb eredményt hozó szelénkiegészítéssel és szójaolajjal kiegészített tápokkal takarmányoztam a halakat. (1. táblázat).

1. táblázat: A vizsgálatok összefoglaló adatai

Kísérlet	Vizsgált faj	Vizsg. időtart.	Kezelés típusa	Kezelés száma	Ismétlés	Vizsgált paraméter
1	afrikai harcsa	6 hét	12 % hal, len- v. szójaolaj	3	2	termelési paraméterek, testösszetétel, zsírsavprofil, hagyományos húsmínőség
2	nílusi tilápia	6 hét	11 % hal, len- v. szójaolaj	3	3	termelési paraméterek, testösszetétel, zsírsavprofil (filé, máj, hasúri zsír), hagyományos húsmínőség, ivar hatása a zsírsavprofilra
3	afrikai harcsa	6 hét	0,5 mg/kg, 2 mg/kg, 4 mg/kg Se kiegészítés + kontroll	4	2	termelési paraméterek, filé szeléntartalom
4	nílusi tilápia	6 hét	0,5 mg/kg, 2 mg/kg, 4 mg/kg Se kiegészítés + kontroll	4	3	termelési paraméterek, testösszetétel, filé szeléntartalom
5	afrikai harcsa	8 hét	10 % szójaolaj + 4mg/kg Se; kontroll	2	3	termelési paraméterek, testösszetétel, zsírsavprofil, szeléntartalom
6	nílusi tilápia	8 hét	10 % szójaolaj + 2mg/kg Se; kontroll	2	3	termelési paraméterek, testösszetétel, zsírsavprofil, szeléntartalom

## 2.1. A kísérleti állományok származása, elhelyezése

A kísérleteket a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Hallaboratóriumában végeztem. A vizsgálatokban piaci méretű nílusi tilápiát, illetve afrikai harcsát alkalmaztam. Az egyes kísérletekhez az afrikai

harcsa állományokat a Szarvas-fish Kft. szarvasi, illetve tukai telepéről szállították Kaposvárra. A nílusi tilápia állományok minden esetben a Szarvas-fish Kft. tukai telepéről származtak.

Az 1. és 2. kísérletet egy 10 m<sup>3</sup> hasznos térfogatú recirkulációs rendszerben, a 3-6. kísérletet pedig a már felújított recirkulációs rendszerben végeztem el, melynek hasznos térfogata 20 m<sup>3</sup> volt. A kísérleti blokk 12, illetve 15 db 1 m<sup>3</sup> térfogatú kádból állt, melyek vízszintjét az 4-6. kísérlet során úgy állítottam be, hogy azok 500 l vizet tartalmazzanak. Az első két kísérlet során a vízhőmérséklet  $28 \pm 0,5$  (afrikai harcsa), illetve  $27,9 \pm 1,1$  °C-os (nílusi tilápia), a 3-6. kísérlet során  $23,5 \pm 1,0$  °C-os volt.

## **2.2. Kísérleti beállítások**

### *2.2.1. A hal-, len- és szójaolaj kiegészítés hatásának vizsgálata az afrikai harcsa zsírsav-profiljára és a hagyományos húsminőségre*

A 42 napos kísérletben kádanként 60-65 kg tömegű piaci méretű afrikai harcsát telepítettem 1 m<sup>3</sup>-es kádakba. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg  $1026 \pm 121$  g volt ( $n=374$ ). A vizsgálat során egy 6 % (a takarmány összetevőiből származó) zsírtartalmú takarmányban halolajjal, lenolajjal, illetve szójaolajjal 12 %-ra (+6 %) emeltem a zsír arányát. Mind a három kísérleti tápot két-két véletlenszerűen kiválasztott kádban etettem, kontrollként a halolajjal dúsított tápot használtam. A kísérlet kezdetekor, a 3. és a 6. héten minden kezelésből, 5-5 halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a halak filéjének kémiai összetétele, illetve zsírsav-profilja került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére és megmaradására. A hagyományos húsminőség

vizsgálatakor mértük a 45 perces és 24 órás pH-t, a hús színét, a csepegési, főzési és felengedetési veszteséget.

*2.2.2. A hal-, len-, és szójaolaj kiegészítés hatásának vizsgálata a nílusi tilápia zsírsav-profiljára, a hagyományos húsmínőségre, továbbá az ivar és a különböző olajforrások együttes hatásának vizsgálata a zsírsav-profilra*

A 42 napos kísérletben kádanként 65, összesen 11-12 kg tömegű piaci méretű nílusi tilápiát telepítettem 1 m<sup>3</sup>-es kádakba. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg 175,3±7,8 g volt (n=585). A vizsgálat során egy 6 % (a takarmány összetevőiből származó) zsírtartalmú takarmányban halolajjal, lenolajjal, illetve szójaolajjal 11 %-ra (+5 %) emeltem a zsír arányát. Mind a három kísérleti tápot három-három véletlenszerűen kiválasztott kádban etettem, kontrollként a halolajjal dúsított tápot használtam. A kísérlet kezdetekor, a 3. és a 6. héten minden kezelésből, 6-6 hímivarú halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a halak filéjének kémiai összetétele, illetve a 6. heti adatokból a filé, a máj és a hasúri zsír zsírsav-profilja került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére, filékihozatalára és megmaradására. A hagyományos húsmínőség vizsgálatakor mértük a 45 perces és 24 órás pH-t, a hús színét, a csepegési és főzési veszteséget. Az ivar zsírsav-profilra gyakorolt hatásának meghatározásához a kísérlet végén minden kezelésből, 4-4 halból (két tejes, két ikrás), gonád-, valamint filé-mintát vettem kémiai analízishez, ahol a halak zsírsav-profilja került meghatározásra.

### *2.2.3. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatásának vizsgálata az afrikai harcsa termelésére és a filé szeléntartalmára*

A 42 napos kísérletben kádanként 40-45 kg tömegű piaci méretű afrikai harcsát telepítettem 1 m<sup>3</sup>-es kádakba. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg 1513±235 g volt (n=229). A halakat folyékony nitrogénnel egyedileg jelöltem. A vizsgálat során a takarmányokat 0,5 mg/kg, 2 mg/kg, illetve 4 mg/kg szelénnel egészítettem ki, szelénés élesztő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.). Kontrollként kereskedelmi forgalomban kapható, afrikai harcsa nevelőtápot alkalmaztam. Mind a négy kísérleti tápot két-két véletlenszerűen kiválasztott kádban etettem. A kísérlet kezdetekor és a 6. héten minden kezelésből, 5-5 halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a filé szeléntartalma került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére, filékihozatalára és megmaradására.

### *2.2.4. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatásának vizsgálata a nílusi tilápia termelésére és a filé szeléntartalmára*

A 42 napos kísérletben kádanként 30, összesen kb. 10 kg tömegű piaci méretű nílusi tilápiát telepítettem 1/2 m<sup>3</sup>-es kádakba. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg 335,5±29 g volt (n=360). A vizsgálat során a takarmányokat 0,5 mg/kg, 2 mg/kg, illetve 4 mg/kg szelénnel egészítettem ki, szelénés élesztő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.). Kontrollként kereskedelmi forgalomban kapható afrikai harcsa nevelőtápot alkalmaztam. Mind a négy kísérleti tápot három-három véletlenszerűen kiválasztott kádban etettem. A kísérlet kezdetekor és befejezésekor minden kezelésből, 5-5 halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a filé kémiai összetétele és



szeléntartalma került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére, filékihozatalára és megmaradására.

#### *2.2.5. A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatásának vizsgálata az afrikai harcsa húsminőségére*

Az 56 napos kísérletben kádanként 31, összesen kb. 26 kg tömegű piaci méretű afrikai harcsát telepítettem 1/2 m<sup>3</sup>-es kádakba. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg 870±160 g volt (n=185). A vizsgálat során a takarmányokat 4 mg/kg szelénnel egészítettem ki, szelénés élesztő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.), továbbá 5 % szójaolajjal. Kontrollként kereskedelmi forgalomban kapható afrikai harcsa nevelőtápot alkalmaztam. Mind a két kísérleti tápot három-három véletlenszerűen kiválasztott kádban etettem. A kísérlet kezdetekor és a 8. héten minden kezelésből, 6-6 halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a filé kémiai összetétele, szeléntartalma és a filé zsírsav-profilja került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére és megmaradására.

#### *2.2.6. A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatásának vizsgálata a nílusi tilápia húsminőségére*

Az 56 napos kísérletben kádanként 35, összesen 12-14 kg tömegű piaci méretű nílusi tilápiát telepítettem 1/2 m<sup>3</sup>-es kádakba. A kísérlet kezdetekor az átlagos testtömeg 393±90 g volt (n=210). A vizsgálat során a takarmányokat 2 mg/kg szelénnel egészítettem ki, szelénés élesztő formájában (Cytoplex szelenit, Bata Bt.), továbbá 5 % szójaolajjal. Kontrollként kereskedelmi forgalomban kapható tilápia nevelőtápot

alkalmaztam. Mind a két kísérleti tápot három-három véletlenszerűen kiválasztott kádban ettettem. A kísérlet kezdetekor és a 8. héten minden kezelésből, 6-6 halból mintát vettem kémiai analízishez, ahol a filé kémiai összetétele, szeléntartalma és a zsírsav-profilja került meghatározásra. Vizsgáltam a kezelések hatását a halak növekedésére, takarmányértékesítésére és megmaradására.

### 2.3. Mintavétel, kémiai analízis

Az egyes kísérletek során alkalmazott mintaszámokat a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat: A mintaszámok alakulása az egyes kísérletekben

	0. hét (db)	3. hét (db/kezelés)	6. hét (db/kezelés)	8. hét (db/kezelés)
1. kísérlet	5	5	5	-
2. kísérlet	6	6	6 + 2 tejes, 2 ikrás	-
3. kísérlet	5	-	5	-
4. kísérlet	5	-	5	-
5. kísérlet	6	-	-	6
6. kísérlet	6	-	-	6

A mintavétel előtt a halakat szegfűszegolajjal, vagy Norcaicummal (Egis, Budapest, Hungary) elkábítottam, majd kiirtottam. Az 1. és 2. kísérletben a vizsgálatokhoz szükséges filé minta a bal oldali filé dorso-laterális részéből származott. A 3-6. kísérletben ugyancsak a bal oldali filé dorso-laterális részéből vettem mintát a szeléntartalom meghatározásához. A 4-6. kísérletben a filé kémiai összetételének meghatározása szintén a baloldali filéből származó mintákból történt. Az 5. és 6. kísérletben a zsírsav-profil meghatározásához a minták a jobb oldali filéből származtak. A

2. kísérletben a májból és a hasúri zsírból is mintát vettem azok zsírsav-összetételének meghatározásához.

A filé kémiai összetételének, valamint szeléntartalmának meghatározását a Kaposvári Egyetem Analitikai Laboratóriuma végezte el. A hagyományos húsminőség vizsgálata az Állatitermék Minősítő Laboratóriumban történt. A zsírsav-profil meghatározására az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézetben került sor.

## **2.4. Statisztikai feldolgozás**

A statisztikai értékelést SPSS for Windows 10.0 programcsomag (1999) segítségével végeztem el. Az 1. és 2. kísérletben a kezelések hatását a filé, a máj és a hasúri zsír zsírsav-összetételére, a filé kémiai összetételére, valamint a hagyományos húsminőségi mutatók alakulására többtenyezős varianciaanalízissel (GLM Univariate ANOVA) értékeltem, amely után Tukey post hoc tesztet futattam le. A 3-6. kísérletek során kapott növekedés, takarmányértékesítés, megmaradás, továbbá filé-, illetve zsírsavösszetétel, szeléntartalom és húsminőség adatokat egytenyezős varianciaanalízissel (one-way ANOVA) értékeltem, amely után ugyancsak Tukey post hoc tesztet futattam le.

### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. A hal-, len- és szójaolaj kiegészítés hatása az afrikai harcsa termelésére, zsírsav-profiljára és a hagyományos húsminőségre

##### 3.1.1. A termelési paraméterekre vonatkozó eredmények

A termelési mutatók vizsgálata során az egyes kezelések között nem találtam szignifikáns eltérést, ugyanakkor a legjobb napi testtömeggyarapodást, specifikus növekedési sebességet, takarmányértékesítést és megmaradást a szójaolajos (SO) kiegészítésű csoport érte el (3. táblázat). A takarmányértékesítés mindhárom kezelés esetében kedvezően alakult: 1,23-1,62 kg/kg között változott. A megmaradás jónak volt mondható, míg a specifikus növekedési ráta (0,7 %/nap) elmaradt a várakozásoktól, ami a piaci méretű állomány gyengébb növekedési erélyével magyarázható.

3. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 6. héten a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál (átlag $\pm$ szórás)

Kezelés (táp)	Napi ttgy. (g/nap)	SGR. (%/nap)	Megmaradás (%)	FCR. (kg/kg)
Halolajos	9,34 $\pm$ 6,32	0,64 $\pm$ 0,28	88,4 $\pm$ 2,65	1,62 $\pm$ 0,04
Lenolajos	9,62 $\pm$ 2,60	0,72 $\pm$ 0,06	89,71 $\pm$ 1,17	1,5 $\pm$ 0,16
Szójaolajos	10,99 $\pm$ 4,38	0,79 $\pm$ 0,16	91,69 $\pm$ 1,34	1,23 $\pm$ 0,07

### *3.1.2. A filé kémiai összetételének és a hagyományos húsminőségi mutatók alakulása*

Sem a különböző kezelések, sem a kezelés hossza nem befolyásolta szignifikánsan a filé szárazanyag, nyersfehérje és nyerszsír tartalmát.

A takarmány zsírforrásának csak két húsminőségi mutató, (a pH45 és a  $b^*$  érték) alakulására volt szignifikáns hatása, a filé víztartó-képességét nem befolyásolta szignifikáns mértékben. Az etetés hosszának több mutatóra is szignifikáns hatása volt, így a pH45-re, a pH24-re, az  $L^*$  értékre, a csepegési, a főzési és a felengedtetési veszteségre (4. táblázat). A filé minőségével kapcsolatban a legérdekesebb eredmény a kezelés hosszának a filé víztartó-képességére gyakorolt hatása. A csepegési veszteség a lenolajos (LO) és halolajos (HO) kezelés esetében, a főzési veszteség pedig a SO csoportnál nőtt a 3. hétre, viszont később visszatért az eredeti szintre. Ez egy hosszabbtávú alkalmazkodási folyamat eredménye lehet, nevezetesen, hogy a nagy lenolaj és halolaj tartalmú tápokra való áttérés in vivo lipid peroxidációhoz vezetett, amelyet később az antioxidáns rendszer adaptációja ellensúlyozott. Az a tény, hogy a zsírsavforráshoz képest a kezelés hosszának hatása sokkal kifejezettebb a hagyományos húsminőségi mutatókra arra utal, hogy a befejező táp 3 hetes etetése nem mindig elegendő a filé húsminőségének kívánt módosításához.

4. táblázat: A hagyományos húsminőségi mutatók alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsa filében (átlag±szórás)

Kezelés (táp)	Halolajos			Lenolajos			Szójaolajos		
Időpont (hét)	0	3	6	0	3	6	0	3	6
pH45	6,93±0,04 <sup>b</sup>	6,56±0,06 <sup>a</sup>	6,73±0,12 <sup>aAB</sup>	6,93±0,04 <sup>b</sup>	6,45±0,25 <sup>a</sup>	7,04±0,11 <sup>bB</sup>	6,93±0,04	6,73±0,08	6,87±0,18 <sup>A</sup>
pH24	6,01±0,01 <sup>b</sup>	5,88±0,04 <sup>a</sup>	5,95±0,09 <sup>ab</sup>	6,01±0,01 <sup>a</sup>	5,88±0,08 <sup>b</sup>	5,92±0,06 <sup>ab</sup>	6,01±0,01	5,90±0,10	5,89±0,05
L*	48,10±1,28 <sup>a</sup>	53,40±1,18 <sup>b</sup>	50,22±1,18 <sup>a</sup>	48,10±1,28	50,8±4,49	49,10±3,44	48,10±1,28	50,60±0,66	50,20±2,86
a*	-1,65±1,88	-1,90±0,91	-2,11±0,73	-1,65±1,88	-2,11±1,23	-3,19±0,44	-1,65±1,88	-2,06±1,18	-1,34±1,90
b*	4,41±1,75	7,21±0,37 <sup>A</sup>	4,55±0,86	4,41±1,75	5,23±0,67 <sup>A</sup>	4,46±1,34	4,41±1,75	5,42±1,13 <sup>B</sup>	5,15±0,10
Csepegési veszteség	1,79±0,18 <sup>a</sup>	2,36±0,44 <sup>b</sup>	1,81±0,17 <sup>a</sup>	1,79±0,18 <sup>a</sup>	2,81±0,59 <sup>b</sup>	1,79±0,34 <sup>a</sup>	1,79±0,18	2,17±0,045	1,84±0,16
Főzési veszteség	7,78±1,51 <sup>a</sup>	11,61±1,57 <sup>b</sup>	11,71±0,95 <sup>b</sup>	7,78±1,51	11,10±3,36	11,80±3,73	7,78±1,51 <sup>a</sup>	11,70±1,89 <sup>b</sup>	8,59±0,80 <sup>a</sup>
Felengedtetési veszteség	2,98±1,31 <sup>a</sup>	2,18±0,49 <sup>a</sup>	3,93±1,07 <sup>b</sup>	2,98±1,31 <sup>a</sup>	2,64±0,98 <sup>a</sup>	3,81±0,16 <sup>b</sup>	2,98±1,31	3,01±0,75	3,68±0,18

A különböző kisbetűk a kezeléseken belüli, a különböző nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns eltéréseket jelölik.

### *3.1.3. A filé zsírsav-profiljának alakulása a különböző zsírforrások és a kezelés hosszának hatására*

A filé zsírsav-profiljára a kezelés hossza és a különböző zsírforrások egyaránt jelentős hatást gyakoroltak. Az n-3-as zsírsavak aránya a HO és SO kiegészítésű csoportokban szignifikánsan megnőtt, míg az LO-ban nem szignifikáns növekedés volt kimutatható. Az  $\alpha$ -linolénsav (C18:3n-3, ALA) aránya mindhárom kezelésnél szignifikánsan nőtt, habár a SO csoport kisebb arányt ért el a HO kezeléshez képest, annak ellenére, hogy a szójaolajjal dúsított takarmány kétszeres mennyiségben tartalmazott ALA-t az utóbbihoz képest (Mellékletek 1. táblázat). Természetesen az egy nagyságrenddel nagyobb ALA kiegészítés jelentősen megnövekedett filé ALA tartalomhoz vezetett a lenolaj kiegészítésű csoportban.

A filé EPA (C20:5n-3) tartalma a takarmány EPA tartalmának megfelelően nőtt. A kétszeres takarmánybeli EPA tartalom (HO szemben a SO-val) közel kétszeres EPA tartalomhoz vezetett a HO csoport filéjében. Bár a SO és LO kezeléseknél a takarmány EPA tartalma közel azonos volt, végül a filé EPA tartalma az LO kezelésben magasabbnak bizonyult. Ez azzal magyarázható, hogy az LO takarmány nagy mennyiségben tartalmazta az EPA prekursor zsírsavát az ALA-t. A filé EPA tartalmának alakulásában tehát feltehetően nagyon hangsúlyos szerepet játszik a takarmány hatása és a belső zsírsavszintézis. A dokozapentaénsav (C22:5n-3, DPA) és DHA (C22:6n-3) mennyisége a filében a takarmányban megemelt mennyiséggel arányosan változott. A DPA és DHA mennyisége a HO és LO csoportokban szignifikánsan nagyobb volt a SO csoporthoz képest. Ha kis mértékben is, de a filé DPA és DHA tartalma esetében is megfigyelhető volt a takarmánybeli prekursor (ALA) hatása, ugyanis azonos DPA és EPA (SO és LO) tartalom mellett az LO csoport filéjének DPA és DHA tartalma

szignifikánsan nagyobb volt. A HO kezelésben a kiinduló és 3. heti értékekhez képest a DPA és DHA tartalom szignifikánsan megnőtt a 6. hétre. Bár a halolaj növényi olajokkal történő helyettesítése nem minden esetben eredményezett hasonlóan kedvező zsírsav-profilt az afrikai harcsa filéjében, azt is figyelembe kell venni, hogy a HO takarmány EPA, DPA és DHA is tartalma nagyobb volt.

Az n-6-os zsírsavak aránya a SO, LO kezeléseknél nem változott, a HO csoportnál, a takarmány kisebb n-6 tartalmát tükrözve csökkent. A linolsav aránya (C18:2n-6, LA) csak a HO csoport filéjében csökkent, a takarmány alacsony LA tartalmának megfelelően. Ezzel szemben az arachidonsav (C20:4n-6, ARA) nem mutatott jelentős csökkenést egyik kezelésben sem, annak ellenére, hogy az SO és LO kezelések takarmánya kisebb mennyiséget tartalmazott ebből a zsírsavból, mint az alaptáp. A takarmányok jelentősen megváltoztatott n-3 és n-6 mennyisége hatékonyan csökkentette a HO és LO kezelések filéjének n-6/n-3 arányát.

### **3.2. A hal-, len-, és szójaolaj kiegészítés hatása a nílusi tilápia termelésére, zsírsav-profiljára és hagyományos húsminőségére, továbbá az ivar és a különböző olajforrások együttes hatása a zsírsav-profilra**

#### *3.2.1. A termelési mutatókra vonatkozó eredmények*

A termelési mutatókban az egyes kezelések között nem volt szignifikáns eltérés. A viszonylag gyenge, 0,7 % körüli specifikus növekedési sebesség az időközben ivaréretté vált állomány alkalmankénti szaporodásával magyarázható (5. táblázat). Ilyenkor az ikrások az ivadékok gondozása miatt nem táplálkoztak. A megmaradás jónak volt mondható.



5. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 6. héten a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál (átlag  $\pm$  szórás)

Kezelés (táp)	Napi ttgy. (g/nap)	SGR (%)	Megmaradás (%)	FCR (kg/kg)
Halolajos	1,6 $\pm$ 0,1	0,77 $\pm$ 0,03	92,3 $\pm$ 0,9	1,83 $\pm$ 0,06
Lenolajos	1,43 $\pm$ 0,09	0,71 $\pm$ 0,02	92,3 $\pm$ 0,9	1,97 $\pm$ 0,09
Szójaolajos	1,36 $\pm$ 0,07	0,66 $\pm$ 0,03	90,8 $\pm$ 0,9	2,06 $\pm$ 0,15

### 3.2.2. A filé kémiai összetételének és a hagyományos húsminőségi mutatók alakulása

Sem a különböző kezelések, sem a kezelés hossza nem befolyásolta szignifikánsan a filé szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír és nyershamu tartalmát.

A pirosasság ( $a^*$ ) mindhárom kezelés esetében szignifikánsan nőtt. A SO kezelés szignifikánsan kisebb  $L^*$  értékkel bírt, mint a HO kezelés (6. táblázat). A csepegési veszteség mindhárom kezelésnél nőtt - a LO és SO csoportokban szignifikánsan - a 3. hétre, majd azt követően a SO kezelés esetében csökkent a 6. hétre, a HO és LO kezelés esetében azonban mindvégig nagy maradt. Ehhez hasonlóan alakult a főzési veszteség is, mely a 3. héten lényegesen magasabb volt, mint a kiinduló érték, viszont a 6. hétre visszaállt az eredeti szintre.

6. táblázat: A hagyományos húsminőségi mutatók alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál (átlag  $\pm$  szórás)

Kezelés (táp)	Halolajos			Lenolajos			Szójaolajos		
Időpont (hét)	0	3	6	0	3	6	0	3	6
pH45	6,63 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	6,74 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	6,63 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	6,63 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	6,61 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	6,61 $\pm$ 0,21 <sup>a</sup>	6,63 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	6,66 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	6,61 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>
pH24	6,23 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	6,11 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>	6,01 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>	6,23 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	6,11 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>	6,04 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup>	6,23 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	6,20 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	6,02 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>
L*	51,00 $\pm$ 2,41 <sup>a</sup>	46,28 $\pm$ 2,68 <sup>b</sup>	49,84 $\pm$ 4,04 <sup>a</sup>	51,00 $\pm$ 2,41 <sup>a</sup>	46,07 $\pm$ 2,25 <sup>b</sup>	48,26 $\pm$ 2,34 <sup>ab</sup>	51,00 $\pm$ 2,41 <sup>a</sup>	47,49 $\pm$ 2,21 <sup>b</sup>	47,08 $\pm$ 1,29 <sup>b</sup>
a*	-3,74 $\pm$ 0,39 <sup>a</sup>	-3,07 $\pm$ 0,49 <sup>b</sup>	-2,77 $\pm$ 0,68 <sup>b</sup>	-3,74 $\pm$ 0,39 <sup>a</sup>	-2,76 $\pm$ 0,57 <sup>b</sup>	-2,8 $\pm$ 0,40 <sup>b</sup>	-3,74 $\pm$ 0,39 <sup>a</sup>	-3,31 $\pm$ 0,53 <sup>ab</sup>	-2,85 $\pm$ 0,52 <sup>b</sup>
b*	1,71 $\pm$ 0,91 <sup>a</sup>	2,03 $\pm$ 1,03 <sup>a</sup>	1,21 $\pm$ 1,28 <sup>a</sup>	1,71 $\pm$ 0,91 <sup>a</sup>	2,37 $\pm$ 1,59 <sup>c</sup>	0,59 $\pm$ 1,05 <sup>a</sup>	1,71 $\pm$ 0,91 <sup>a</sup>	1,89 $\pm$ 1,02 <sup>a</sup>	0,72 $\pm$ 0,89 <sup>b</sup>
Csepegési veszteség	1,71 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	2,39 $\pm$ 1,14 <sup>ab</sup>	3,30 $\pm$ 1,44 <sup>b</sup>	1,71 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	2,22 $\pm$ 0,54 <sup>bc</sup>	2,33 $\pm$ 0,21 <sup>d</sup>	1,71 $\pm$ 0,29 <sup>a</sup>	2,05 $\pm$ 0,87 <sup>b</sup>	1,98 $\pm$ 0,23 <sup>ab</sup>
Főzési veszteség	15,81 $\pm$ 2,77 <sup>a</sup>	22,74 $\pm$ 4,20 <sup>b</sup>	13,85 $\pm$ 2,32 <sup>a</sup>	15,81 $\pm$ 2,77 <sup>a</sup>	21,37 $\pm$ 4,39 <sup>c</sup>	13,6 $\pm$ 3,73 <sup>a</sup>	15,81 $\pm$ 2,77 <sup>a</sup>	22,72 $\pm$ 5,54 <sup>b</sup>	14,00 $\pm$ 1,86 <sup>a</sup>

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

### *3.2.3. A filé zsírsav-profiljának alakulása a különböző zsírforrások hatására*

A filében szinte az összes zsírsav arányát szignifikánsan befolyásolták a különböző kezelések. A SO csoportban a C18:0, a C18:2n-6, a C20:2n-6, a C20:3n-3, a C20:3n-6, a C20:4n-6, a C22:0, és a C24:0 tartalom nőtt a HO csoporthoz képest (Mellékletek 2. táblázat). Hasonló változásokat lehetett megfigyelni a LO csoportban, ahol a C20:2n-6, a C20:3n-3, a C20:3n-6, a C22:0, a C24:0 és a C18:3n-3 is nőtt, a különbség a C18:0, a C18:2n-6 és a C20:4n-6 esetében nem volt szignifikáns. A növényi olaj kiegészítés a C17:1n-7, a C20:1n-9, és a C22:1n-9 csökkenő arányát eredményezte mindkét csoportban (SO és LO). A C14:0, a C22:5n-3 és a C24:1n-9 aránya csak a SO csoportban csökkent szignifikánsan. Az összes n-6 PUFA (polyunsaturated fatty acid, többszörösen telítetlen zsírsav) aránya szignifikánsan nőtt a növényi olaj kiegészítésű csoportokban, de a SO csoportban nagyobb mértékben. Ez nagyobb n-6/n-3 arányt eredményezett utóbbiban a másik két csoporthoz képest.

A lenolaj kiegészítés meglehetősen hatékonynak bizonyult az ALA tartalom növelésében. Ugyanakkor a nagy mennyiségben etetett prekursor zsírsav nem befolyásolta az EPA, DPA és DHA, azaz az elongált és deszaturált termékek szintjét. A növényi olaj etetése (különösen a szójaolajé) végül a filé DPA tartalmának csökkenéséhez vezetett, és a filé EPA vagy DHA tartalmának sem a növelésében, sem a fenntartásában nem bizonyult hatékonynak. A növényi olajjal kiegészített csoportoknál a filében az arachidonsav mennyiségének növekedése volt megfigyelhető, amely a SO csoportban volt a legkifejezettebb. A lenolaj etetése a HO csoportéhoz hasonló n-6/n-3 arányt eredményezett, azaz a lenolaj kiegészítés hatása jobban megegyezik a halolaj zsírsav-profilra gyakorolt hatásával, mint a

SO-é. Ez azonban inkább az ALA mennyiségi növekedésének tudható be, mintsem a tovább elongált és deszaturált metabolitjainak.

#### *3.2.4. Az ivar és a különböző olajforrások hatása a zsírsavprofilra*

A filé ALA tartalma a tejeseknél minden kezelésnél nagyobb volt, mint az ikrásoknál, habár ez csak a HO és LO csoportoknál volt szignifikáns (Mellékletek 3. táblázat). Utóbbi kezelésben az ALA tartalom szignifikánsan nagyobb volt a többi kezeléshez képest. A két ivar között az n-3-as PUFA-k tekintetében a LO és HO csoportokban különbséget találtam a tejesek javára, amely a hímeknél kisebb n-3/n-6 arányt eredményezett, bár ezek a különbségek csak a HO kezelés esetében voltak szignifikánsak. Az EPA tartalom a filében nem tért el egymástól jelentősen az ivar szerint, a hímek ivarszervében azonban nagyobb volt, mint az ikrásoknál, de ez megint csak a HO csoportban volt szignifikáns. A filé és az ivarszervek MUFA (monounsaturated fatty acid, egyszeresen telítetlen zsírsav) arányát a takarmány befolyásolta, amely a HO csoport ikrásainál volt a legnagyobb. A filé LA tartalma a SO és HO csoport tejesei között tért el, a takarmány LA tartalmának megfelelően a SO csoportban volt nagyobb. Habár a takarmány a LO kezelésben nagy mennyiségű LA-t tartalmazott, ez alig befolyásolta a filé LA tartalmát. Az ivarszervekben a LA arányát az ivar és a kezelések egyaránt befolyásolták, az ikrások ivarszervei több LA-t tartalmaztak, mint a tejeseké, de ez statisztikailag nem volt igazolható. A kezelések közül a legnagyobb LA tartalmat itt is a SO csoport érte el. A tejesek ivarszervei szignifikánsan nagyobb ARA tartalommal bírtak, mint az ikrásoké. A filé DHA tartalmát nem befolyásolta sem az ivar, sem a kezelés, viszont az ivarszervek DHA tartalma a HO csoport tejeseinél szignifikánsan nagyobb volt a többi kezelés tejeseihez és ikrásaihoz képest. A filé n-6 PUFA

tartalmát az ivar kismértékben, a kezelés jobban befolyásolta, a HO csoport kisebb n-6 PUFA tartalommal bírt, igaz ez csak a tejesek esetén volt szignifikáns. Az ivarszervek és n-3 PUFA-k tekintetében kezeléshatás és az ivarok hatása egyaránt megfigyelhető volt, a legnagyobb értéket a HO csoport tejesei mutatták. Az n-3/n-6 arány az ivarszerveknél jelentős kezeléshatást mutatott, de ez megint csak a HO csoportban volt szignifikánsan kisebb. Ebben az esetben az ivar hatása is kimutatható volt, a HO csoport tejeseinél ez az arány kedvezőbb, mint az ikrásoknál.

### **3.3. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatása az afrikai harcsa termelésére és a filé szeléntartalmára**

#### *3.3.1. A termelési mutatókra vonatkozó eredmények*

A főbb termelési mutatókat vizsgálva megállapítottam, hogy azokra a táp szeléntartalmának hatása általában nem volt szignifikáns. A megmaradás minden kezelés esetében 100 %-os volt, amely azt feltételezi, hogy a még a 4 mg/kg szelénkiegészítés sem okozott mérgezést a halaknál (7. táblázat). Az SGR a kontroll táp esetében volt a legjobb (0,3 %/nap), de szignifikánsan csak a 0,5 mg/kg kiegészítésű csoporttól különbözött, ahol értéke 0,14 %/nap körül alakult. A kis növekedés a piaci méretű halak gyengébb növekedési erélyével magyarázható.

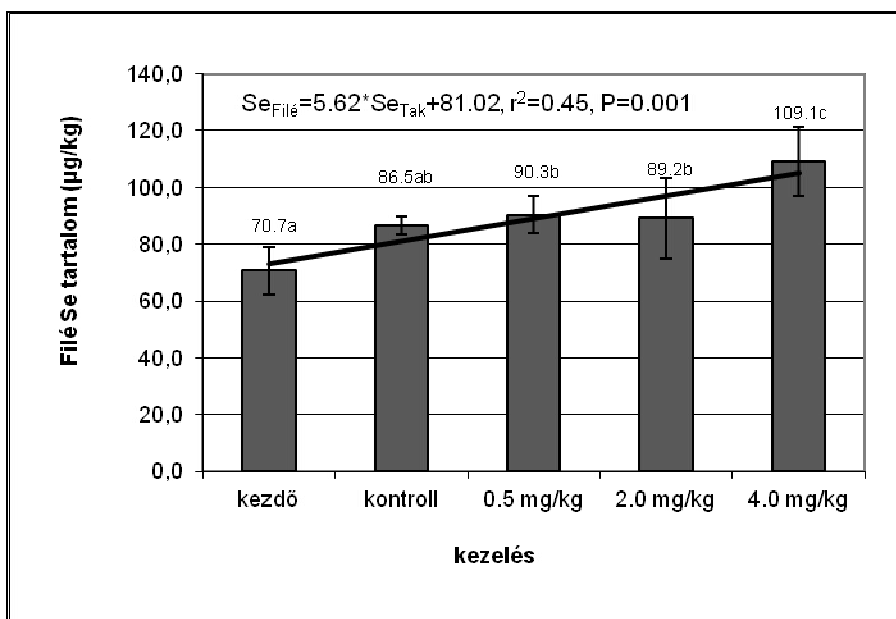
7. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 6. héten a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál (átlag  $\pm$  szórás)

Kezelés (táp)	Napi ttgy (g/nap)	SGR (%/nap)	Megmaradás (%)
Kontroll	4,80 $\pm$ 4,68 <sup>b</sup>	0,29 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	100
0,5 mg/kg	2,32 $\pm$ 2,82 <sup>a</sup>	0,14 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	100
2 mg/kg	3,18 $\pm$ 3,72 <sup>ab</sup>	0,18 $\pm$ 0,19 <sup>ab</sup>	100
4 mg/kg	4,07 $\pm$ 3,27 <sup>ab</sup>	0,24 $\pm$ 0,16 <sup>ab</sup>	100

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

### 3.3.2. A szelénkiegészítés hatása a filé szeléntartalmára

A szelén beépülése a filébe a szelénkiegészítés mértékével arányosan változott, mérsékelt pozitív lineáris kapcsolat volt megfigyelhető közöttük ( $Se_{\text{Filé}} = 5.62 * Se_{\text{Takarmány}} + 81,02$ ,  $r^2 = 0.45$ ,  $P = 0.001$ ). A filé szeléntartalma a 4 mg/kg-os csoportban szignifikánsan nagyobb volt (109  $\mu\text{g/kg}$ ), mint a többi kezelés esetében (1. ábra). Itt a kiinduló értékhez képest 1,5-szeres növekedés volt megfigyelhető, de a másik két csoportban is szignifikánsan megemelkedett a szeléntartalom a kiinduló állapothoz képest.



1. ábra A filé szeléntartalmának alakulása a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál

### 3.4. A különböző mértékű szelénkiegészítések hatása a nílusi tilápia termelésére és a filé szeléntartalmára

#### 3.4.1. A termelési paraméterekre vonatkozó eredmények

A termelési mutatók vizsgálata során egyedül a takarmányértékesítésnél volt szignifikáns eltérés a kezelések között. A 0,5 mg/kg és 4 mg/kg szelén kiegészítésű csoportok jobb takarmányértékesítést értek el a kontroll csoporthoz képest (8. táblázat). A legjobb takarmányfogyasztást a legnagyobb szelén kiegészítésű, 4 mg/kg-os csoport érte el, a kísérlet ideje alatt a halak észrevehetően nem tettek különbséget a tápok között, mindegyiket szívesen fogyasztották.

8. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 6. héten a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál (átlag  $\pm$  szórás)

Kezelés (táp)	Takarmányfogyasztás (kg)	FCR (kg/kg)
Kontroll	7,46 $\pm$ 1,11	3,88 $\pm$ 0,57 <sup>b</sup>
0,5 mg/kg	7,71 $\pm$ 0,93	2,58 $\pm$ 0,30 <sup>a</sup>
2 mg/kg	7,49 $\pm$ 0,4	3,01 $\pm$ 0,33 <sup>ab</sup>
4 mg/kg	7,34 $\pm$ 0,8	2,30 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

#### 3.4.2. A filé kémiai összetétele és szeléntartalma

A filé kémiai összetételében csak a nyerszsírtartalom tekintetében volt szignifikáns különbség. A kiinduló értékhez képest minden kezelésben és a kontroll csoportban is megnőtt a filé zsírtartalma, amely a takarmány magas zsírtartalmának köszönhető (9. táblázat).

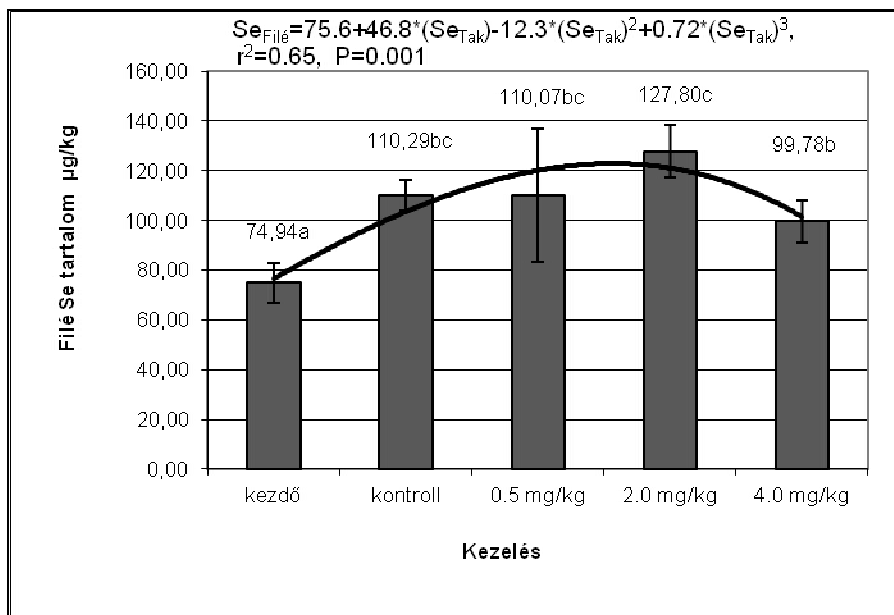
9. táblázat: A filé kémiai összetétele a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál (átlag $\pm$ szórás)

Kezelés (táp)	Kezdő	Kontroll	0,5 mg/kg	2mg/kg	4mg/kg
Száranyag (%)	23,25 $\pm$ 0,57	23,78 $\pm$ 1,47	23,48 $\pm$ 2,32	25,64 $\pm$ 0,81	25,54 $\pm$ 0,73
Nyersfehérje (% Sza)	18,53 $\pm$ 0,51	17,86 $\pm$ 0,50	17,79 $\pm$ 0,98	18,57 $\pm$ 0,47	18,4 $\pm$ 0,33
Nyerszsír (% Sza)	0,71 $\pm$ 1,42 <sup>a</sup>	3,2 $\pm$ 0,86 <sup>b</sup>	3,03 $\pm$ 1,32 <sup>b</sup>	4,42 $\pm$ 0,66 <sup>b</sup>	4,4 $\pm$ 0,66 <sup>b</sup>

A filé szeléntartalma a kiinduló értékekhez képest minden csoportban megnőtt. A hathetes kísérlet során a legnagyobb szeléntartalmat, 127,80  $\mu$ g/kg-ot a 2 mg/kg szelén kiegészítésű csoport érte el, ahol a szeléntartalom a kiinduló érték 1,6-szorosa volt (2. ábra). A takarmány ebben az esetben 2,47 mg/kg szelént tartalmazott. A filé szeléntartalma és a



takarmány szeléntartalma közötti polinomiális regresszió a következő egyenlettel írható le:  $(Se_{Filé} = 75,6 + 46,8 \times (Se_{Tak}) - 12,3 \times (Se_{Tak})^2 + 0,72 \times (Se_{Tak})^3)$  ( $r^2=0,65$ ,  $P=0,001$ ). Eredményeim alapján 100 g szelénnel dúsított nílusi tilápia filé hozzávetőlegesen a napi szelénszükséglet 25 %-át képes fedezni.



2. ábra A filé szeléntartalmának alakulása a különböző szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál

### 3.5. A szójaolaj- és szelénkiegészítés hatása az afrikai harcsa és a nílusi tilápia termelésére, szeléntartalmára és húsminőségére

#### 3.5.1. A termelési paraméterekre vonatkozó eredmények

Az afrikai harcsa termelési mutatóit a szójaolaj + 4 mg/kg szelén kezelés nem befolyásolta. A megmaradás 100 %-os volt (10. táblázat). A

viszonylag alacsony SGR a piaci méretű halak csökkent növekedési erélyével magyarázható.

10. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 8. héten a szójaolaj és 4 mg/kg szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál

Kezelés (táp)	Napi ttgy (g/nap)	SGR (%/nap)	Megmaradás (%)
Kontroll	5,45±0,73	0,54±0,08	100
4 mg/kg Se + SO	5,30±0,32	0,52±0,03	100

A nílusi tilápia termelését sem befolyásolták a különböző kezelések. A napi tömeggyarapodás és az SGR meglehetősen gyengén alakult. A megmaradás jó volt (11. táblázat).

11. táblázat: A különböző termelési mutatók alakulása a 8. héten a szójaolaj és 2 mg/kg szelénkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál

Kezelés (táp)	Takarmányfogyasztás (kg)	FCR (kg/kg)
Kontroll	12,41±0,25	4,66±0,96
2 mg/kg Se + SO	11,80±0,25	4,96±0,56

### 3.5.2. Az afrikai harcsa és nílusi tilápia filé kémiai összetétele

A kiinduló értékhez képest az afrikai harcsa filéjének szárazanyag és nyershamu tartalma szignifikánsan megnőtt a kezelt és kontroll csoportban. A kontroll és kezelt csoport között nem volt szignifikáns különbség a filé kémiai összetételben. A nílusi tilápia filéjének kémiai összetételét a takarmány összetétele nem befolyásolta számottevően.

### *3.5.3. A filé zsírsav-profiljának alakulása a szójaolaj- és szelénkiegészítés hatására*

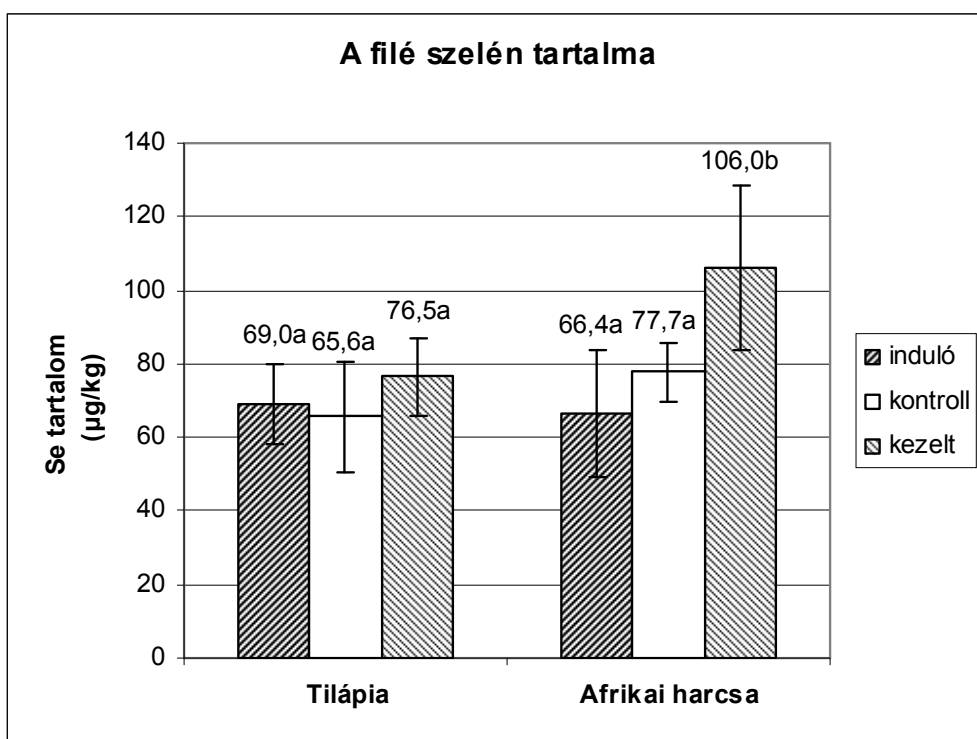
A növényi olaj kiegészítés mindkét faj filé zsírsav-profilját jelentősen befolyásolta. A LA, ALA és n-6 PUFA mennyisége a kezelt csoportokban nőtt (Mellékletek 4. táblázat). Az EPA tartalom a tilápia filében csökkent, a takarmánybeli EPA csökkenést tükrözve, az afrikai harcsa esetében nem volt számottevő különbség a kezelések között. Az ALA tartalom az afrikai harcsa filéjében szignifikánsan megnőtt, és a tilápia filében is hasonló tendenciát mutatott, de ebben az esetben a különbség a kiinduló értékhez képest nem volt szignifikáns. A tilápia esetében a kiinduló értékhez képest a C14:0, a C16:1n-7, a C18:1n-9 és a MUFA aránya csökkent, az ARA-é és a PUFA-é viszont nőtt a kontroll és kezelt csoportokban. A LA, az ALA, a C20:3n-6 és az IA érték esetében csak a kezelt csoport mutatott szignifikáns növekedést a kiinduló értékhez képest. Az afrikai harcsánál a kiinduló értékhez képest a C16:0, az SFA, az IA és IT érték csökkent, az ALA, a C20:3n-6, az EPA, az n-3 PUFA, és az összes PUFA tartalom nőtt a kontroll és kezelt csoportokban. A LA és n-6 PUFA csak a kezelt csoport mutatott szignifikáns növekedést, a C18:1n-9 és a MUFA aránya pedig szignifikáns csökkenést a kiinduló értékhez képest. A két faj között a következő zsírsavak esetében volt szignifikáns a különbség: a C20:2n-6, a C20:3n-6, a C20:4n-6, a C22:5n-3, az n-6 PUFA, a PUFA, az n-6/n-3 arány nagyobb, a C18:1n-9, a C18:3n-3, a C20:5n-3 és MUFA pedig kisebb volt a tilápia filében.

A tilápia esetében a humán szempontból esszenciális ALA mennyisége a takarmánybeli arányt tükrözve nőtt, és a DHA mennyisége sem csökkent számottevően, annak ellenére, hogy a halolajat tartalmazó kontroll táp 2-2,5-szeres mennyiséget tartalmazott ezekből a zsírsavakból.

Az EPA mennyisége szignifikánsan csökkent. A takarmány fele akkora ARA tartalma ellenére a filé ARA tartalma nem változott. Az n-6/n-3 arány a szójaolaj kiegészítésnek köszönhetően megemelkedett. Az afrikai harcsa esetében a humán szempontból esszenciális ALA mennyisége 28 %-kal nőtt, és az EPA és DHA mennyisége pedig nem változott. Az n-6/n-3 arány az afrikai harcsánál kedvezőbb értéket mutatott.

### 3.5.4. A filé kémiai összetétele és szeléntartalma

A szelénkiegészítés csak az afrikai harcsa filében eredményezett szignifikáns növekedést, de a tilápia esetében is növekedés volt megfigyelhető. A tilápia filé 76,5  $\mu\text{g/kg}$  a harcsa filé pedig 106,0  $\mu\text{g/kg}$  szelént tartalmazott. Utóbbi 1,6-szeres növekedést jelent a kiinduló értékhez képest. A kiinduló és kontroll érték nem mutatott szignifikáns különbséget a két faj között (3. ábra).



3. ábra A filé szeléntartalmának alakulása a szójaolaj és szelén kiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál és afrikai harcsánál

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK

A halolaj növényi olajokkal való helyettesítése nem befolyásolta negatívan az afrikai harcsa és a nílusi tilápia termelési mutatóit, sem a filé kémiai összetételét. A két faj filéjének zsírsav-profiljára a kezelés hossza és a különböző zsírforrások egyaránt jelentős hatást gyakoroltak. A nagy n-3-as zsírsav tartalmú takarmányok csökkentették a filé víztartó-képességét, mivel a membrán permeabilitása és a sejt víztartó-képessége megváltozott. A víztartó-képesség a hathetes etetési szakasz végén, azonban visszaállt az induló értékhez hasonló szintre. Az első szakaszért az olaj-kiegészítés kapcsán etetett nagyobb telítetlenségű zsírsavforrás által előidézett oxidatív stressz lehetett felelős. A második szakasz jellegzetesen a szervezet antioxidáns védekező mechanizmusainak adaptálódására utal, melyhez általában minimum 3-4 hét szükséges. A befejező táp 3 hetes etetése tehát nem mindig elegendő a filé húsminőségének kívánt módosításához, javasolt a tápokat legalább 6 hétig etetni, hogy a húsminőség ne változzon kedvezőtlenül. A halolaj növényi olajokkal történő helyettesítése csak a lenolaj esetében eredményezett hasonlóan kedvező zsírsav-profilt az afrikai harcsa filéjében, mint a HO kezelés.

A nílusi tilápiánál a takarmány zsírsavainak beépülése a filé, a máj és a hasúri zsír esetében egyaránt igazolható volt. A növényi olaj etetése (különösen a szójaolajé) a nílusi tilápia filé DPA tartalmának csökkenéséhez vezetett, és a filé EPA és DHA tartalmát sem sikerült növelni, mivel a nílusi tilápia korlátozott mértékben képes a takarmányból származó ALA prekursor EPA-vá és DHA-vá alakítani. A lenolaj etetése a halolaj etetéshez hasonló n-6/n-3 arányt eredményezett, amely az ALA szöveti felhalmozódásának eredménye volt. Összességében tehát az afrikai harcsa

megfelelőbb alany a funkcionális élelmiszer előállításra, mint a nílusi tilápia. Ennek oka feltehetően a két faj eltérő táplálkozása lehet.

Az ivarézés a két nem filéjének zsírsav-összetételében jelentős eltéréseket eredményez. A hímivar filéjének nagyobb az ALA és n-3 PUFA tartalma és kisebb az n-3/n-6 aránya, mint az ikrásoké, ezért a humán táplálkozás szempontjából előbbi fogyasztása kedvezőbb.

A takarmány magas szeléntartalma az afrikai harcsa termelését döntően nem befolyásolta. A Magyar Takarmány Kódex Bizottság által engedélyezett 0,5 mg/kg-os kiegészítés mellett viszont a termelési mutatók elmaradnak a többi kezeléshez képest. Ennek oka egyelőre nem ismert számomra. Feltehetően a viszonylag magas 4 mg/kg-os szelénkiegészítés sem okoz mérgezést a halak számára, mivel elhullás nem történt a kísérlet során, de ennek megerősítéséhez további vizsgálatok szükségesek. A szelén beépülése az afrikai harcsa filébe a kiegészítés mértékével arányosan nőtt, a takarmány és a filé szeléntartalma között pozitív, lineáris összefüggést figyeltem meg, amit a következő egyenlettel írhatunk le:  $Se(\text{filé}) = 5,62 * Se(\text{takarmány}) + 81,02$ ; ( $r^2 = 0,45$ ). A piaci hal méret mellett egy hathetes időszak elegendő volt a szelén filébe való beépülésére, amely a takarmány 4,66 mg/kg szelénes élesztő tartalma mellett érte el a legnagyobb koncentrációt. A szelénnel dúsított afrikai harcsa filé fogyasztása segíthet a humán szempontból kívánatos napi szelénmennyiség felvételében, de önmagában nem képes a szükségletet kielégíteni. A humán mérgezés kockázata jelen esetben nem állt fent. A szelén beépülésének köszönhetően lehetséges funkcionális élelmiszer előállítása afrikai harcsa filéből.

A nílusi tilápia takarmányértékesítése, befejező testtömege és filékihozatala kedvezőbben alakult a 0,5 és 4 mg/kg szelénkiegészítésű csoportok esetében, a többi termelési mutatót azonban nem befolyásolta a szelénkiegészítés mértéke. A takarmány zsírtartalma túlságosan magasnak

bizonyult a nílusi tilápia számára, a filé zsírtartalma minden kezelés esetében szignifikánsan megnőtt. A piaci hal méret mellett egy hathetes időszak elegendő volt a szelén filébe való beépülésére, amely a takarmány 2,47 mg/kg szelénés élesztő tartalma mellett érte el a legnagyobb koncentrációt. A filé szeléntartalma és a takarmány szeléntartalma közötti polinomiális regresszió a következő egyenlettel írható le:  $(Se_{Filé} = 75,6 + 46,8x(Se_{Tak}) - 12,3x(Se_{Tak})^2 + 0,72x(Se_{Tak})^3 \quad (r^2=0,65, \quad P=0,001)$ . Eredményeim alapján kijelenthető, hogy 100 g szelénnel dúsított nílusi tilápia filé hozzávetőlegesen a napi szelén szükséglet 25%-át képes fedezni. A humán mérgezés kockázata ebben az esetben sem állt fent. A szelén beépülésének köszönhetően lehetséges funkcionális élelmiszer előállítása nílusi tilápia filéből.

A szójaolaj kiegészítés mindkét faj filé zsírsav-profilját jelentősen befolyásolta. Az afrikai harcsához képest a nílusi tilápia esetében a szójaolaj kiegészítés kevésbé volt megfelelő a funkcionális élelmiszer előállítás szempontjából, mert ugyan az ALA mennyisége 48 %-kal nőtt, a humán táplálkozás szempontból még jelentősebb EPA és DHA mennyisége viszont csökkent. Az afrikai harcsa esetében a humán szempontból esszenciális ALA mennyisége 28 %-kal nőtt, az EPA és DHA mennyisége pedig nem változott. A szójaolaj kiegészítéssel tehát lehetséges volt ALA-val dúsított afrikai harcsa filé előállítása. A szelénkiegészítés csak az afrikai harcsa filében eredményezett szignifikáns szelénkoncentráció növekedést, de a tilápia esetében is növekedés volt megfigyelhető. A korábbi tapasztalatokhoz képest kisebb filé szeléntartalom a takarmány megnövelt olajtartalmával magyarázható. A filé megnövekedett PUFA tartalma miatt elképzelhető, hogy az oxidatív stressz megelőzéséhez, az antioxidáns rendszer működéséhez több szelén felhasználására volt szükség. Ennek megerősítésére további vizsgálatok szükségesek. Eredményeim alapján



össességében elmondható, hogy afrikai harcsával sikeresen lehet több szempontból is funkcionális élelmiszert előállítani.

## 5. ÚJ KUTATÁSI EREDMÉNYEK

1. Az afrikai harcsa és a nílusi tilápia termelési mutatóit és a filé kémiai összetételét a szójaolaj és lenolaj kiegészítés nem befolyásolja hátrányosan. A halolaj növényi olajokkal történő helyettesítése viszont csak a lenolaj esetében eredményez hasonlóan kedvező zsírsav-profilot az afrikai harcsa és a nílusi tilápia filéjében, mint a halolajos kezelés.
2. A nagy n-3-as zsírsav tartalmú takarmányok csökkentik a filé víztartó-képességét, de az a 6. hétre visszatér a kiinduló szintre. A befejező, olajkiegészítéssel készült táp 3 hetes etetése ezért nem minden esetben elegendő a filé húsminőségének kívánt módosításához. Javasolt a tápok legalább 6 hétig kell etetni, hogy a hagyományos húsminőség ne változzon kedvezőtlenül.
3. A nílusi tilápia tejesei és ikrásai között a filé zsírsav-profiljának tekintetében jelentős eltérés mutatkozik. A humán táplálkozás szempontjából a hímivarú egyedek filéjének zsírsav-összetétele kedvezőbb, különösen a halolajos kiegészítés esetében, amely nagyon kedvező n-3/n-6 arányt eredményez.
4. A vizsgált szelénkiegészítések mellett a legnagyobb filé szeléntartalom (106-109 µg/kg) az afrikai harcsa takarmányának 4 mg/kg-os szelénkiegészítésével érhető el. Az afrikai harcsa alkalmas a szelénrel dúsított funkcionális élelmiszer előállítására.
5. A hagyományos nevelőtápok etetése mellett a vizsgált szelénkiegészítések közül a legnagyobb filé szeléntartalom (127,8 µg/kg) a nílusi tilápia takarmányának 2 mg/kg-os szelén kiegészítésével érhető el. A filé szeléntartalma és a takarmány szeléntartalma közötti pozitív, harmadfokú egyenlettel leírható összefüggés található. A takarmány 10 %-os szójaolaj tartalma mellett, azonban a 2 mg/kg-os szelénkiegészítés nem elegendő a filé szeléntartalmának szignifikáns növeléséhez.

6. Az afrikai harcsa alkalmas  $\alpha$ -linolénsavval és szelénnel dúsított funkcionális élelmiszer előállítására. A nílusi tilápia esetében azonban a szójaolaj kiegészítés kevésbé megfelelő a funkcionális élelmiszer előállítás szempontjából, mert az a filé EPA és DHA arányát kedvezőtlenül megváltoztatja.

## 6. JAVASLATOK

A nagy n-3-as zsírsav tartalmú takarmányok csökkentik a filé víztartó-képességét, azonban feltehetően a szervezet antioxidáns rendszerének adaptálódása után - melyhez általában minimum 3-4 hét szükséges -, ez visszatér a kiinduló szintre. A befejező táp 3 hetes etetése ezért nem minden esetben elegendő a filé húsminőségének kívánt módosításához. Javasolt a tápokat legalább 6 hétig etetni, hogy a hagyományos húsminőség ne változzon kedvezőtlenül.

A nagyobb testtömeg és filéarány mellett a humán táplálkozás szempontjából kedvezőbb zsírsav-profilja miatt is a hímivarú nílusi tilápia állomány előállítását javaslom.

A szelénnel dúsított afrikai harcsa filé előállításához a takarmány 4 mg/kg-os, szelénnel dúsított nílusi tilápia filé előállításához pedig a takarmány 2 mg/kg-os szelén kiegészítését javaslom, a befejező tápok 6 hetes etetése mellett.

A szójaolaj és lenolaj kiegészítés eredményesen növeli az afrikai harcsa filéjének ALA tartalmát, ezért ez a növényi olajforrás javasolható funkcionális élelmiszer előállításának és a halolaj kiváltásának céljából.

A filé megnövekedett PUFA tartalma miatt elképzelhető, hogy az oxidatív stressz megelőzéséhez, az antioxidáns rendszer működéséhez több szelén felhasználására van szükség. Ennek megerősítésére további vizsgálatok elvégzését javaslom.

## 7. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBŐL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

### Közlemény idegen nyelvű referált folyóiratban:

**Biró, J.**, Hancz, Cs., Szabó, A., Molnár, T. (2009): Effect of sex on the fillet quality of Nile tilapia fed varying lipid sources. In: Italian Journal of Animal Science Volume 8 - Supplement 3, 225-227. p.

Molnár, T., **Biró, J.**, Balogh, K., Mézes, M., Hancz, Cs. (2012): Improving the nutritional value of Nile tilapia fillet by dietary selenium supplementation. In: The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh – 63:744. 9 p. (IF: 0,426)

Molnár, T., **Biró, J.**, Hancz, Cs., Romvári, R., Varga, D., Horn, P., Szabó, A. (2012): Fatty acid profile of fillet, liver and mesenteric fat in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed vegetable oil supplementation in the finishing period of fattening. In: Archiv Tierzucht / Archives Animal Breeding – 55:194-205 (IF: 0,519)

### Közlemény magyar nyelvű referált folyóiratban:

**Biró, J.**, Stettner, G., Bázár, Gy., Hancz, Cs. (2008): Különböző olaj-kiegészítések hatása a tilápia főbb termelési és húsminőségi mutatóira. In: Animal welfare, Etológia és Tartástechnológia IV. Évfolyam – 2. szám, 592-597.o.

Csengeri, I., Gál, D., Kosáros, T., Pekár, F., Bakos, J., Potra, F., Kovács, Gy., Feledi, T., Fazekas, J., **Biró, J.**, J. Sándor, Zs., Gy. Papp, Zs., Jeney, Zs., Rónyai, A. (2011): A haltakarmányozás halliszt és halolaj nélkül? In: Állattenyésztés és Takarmányozás, 60(3):281-294. p.

**Biró, J.**, Hancz, Cs., Szabó, A., Molnár, T. (2012): Az ivar és három különböző olaj-kiegészítés hatása a nílusi tilápia húsminőségére. Halászat, 2012. 105:26-28. p.

### **Proceedings-ben teljes terjedelemben megjelent közlemények:**

**Biró, J.,** Molnár, T., Szabó, G., Hancz, Cs. (2008): Az afrikai harcsa és a nílusi tilápia húsmínőségének és zsírsavprofiljának alakulása különböző olaj-kiegészítések hatására. 50. Jubileumi Georgikon Napok, Keszthely 2008. szeptember 25-26. ISBN: 978-963-9639-32-4 6 oldal terjedelem

**Biró, J.,** Varga, D., Hancz, Cs., Molnár, T. (2010): Különböző mértékű szelén kiegészítés hatása az afrikai harcsa termelésére és a filé szelén tartalmára. In: Halászatfejlesztés, 32. 31-36. p.

### **Proceedings-ben megjelent abstractok:**

**Biró, J.,** Molnár, E., Szathmári, L., Hancz, Cs. (2008): Különböző olajok hatása az afrikai harcsa és a nílusi tilápia növekedésére és húsmínőségére. XXXII. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI. Szarvas, 2008. május 14-15. 50. p.

**Biró, J.,** Hancz, Cs., Szathmári, L., Molnár, E., Molnár, T., Szabó, G., Romvári, R., Szabó, A. (2008): Effects of different oil supplementations on meat quality and fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Europe 2008. Krakow, Poland, September 15-18. 91-92. p.

**Biró, J.,** Hancz, Cs., Szabó, A., Molnár, T. (2009): Fillet quality of Nile tilapia fed varying oil supplementations. First NACEE Conference of Young Researchers, Tyumen, Russia, April 28-29. 2009. 57-58 p.

Molnár, T., **Biró, J.,** Horváth, Z., Buzási, A., Varga, D., Hancz, Cs. (2010): Influence of altering feed selenium levels on the fillet selenium content and production traits of the African catfish (*Clarias gariepinus*). Aquaculture Europe 2010, Porto, Portugal, October 5-8, 2010. 569-570. p.

Molnár, T., **Biró, J.,** Horváth, Z., Hancz, Cs. (2011): Afrikai harcsán és tilápián végzett takarmányozási vizsgálatok funkcionális élelmiszer előállítása céljából. XXXV. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI. Szarvas, 2011. május 25-26. p. 37.

**Biró, J.,** Fébel, H., Hancz, Cs., (2011): Afrikai harcsán és tilápián végzett takarmányozási vizsgálatok funkcionális élelmiszer előállítása céljából. LIII.

Georgikon Napok, Keszthely, 2011. szeptember 29-30. Kivonat-kötet p.41.  
(ISBN 978-963-9639-43-0)

**Biró, J.,** Molnár, T., Balogh, K., Mézes, M., Hancz, Cs. (2012): Különböző mértékű szelén-kiegészítés hatása a nílusi tilápia termelésére, a filé szeléntartalmára és az antioxidáns kapacitásra. LIV. Georgikon Napok, 2012. október 11-12., Keszthely pp. 39.

**Biró, J.,** Molnár, T., Balogh, K., Mézes, M., Hancz C. (2012): Influence of altering feed selenium levels on the fillet selenium content and production traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Domestication in Finfish Aquaculture Conference, Olsztyn, Lengyelország, 2012. October 23-25., pp. 90

## 8. MELLÉKLETEK

1. táblázat: A filé zsírsav-profiljának alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett afrikai harcsánál

	Lenolajos kezelés (LO)			Szójaolajos kezelés (SO)			Halolajos (HO) kezelés		
Zsírsav/Hét	0	3	6	0	3	6	0	3	6
	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás	átlag± szórás
C14:0	1.56± 0.12	1.63± 0.16	1.52± 0.24A	1.56± 0.12	1.62± 0.01	1.56± 0.16B	1.56± 0.12a	1.86± 0.40ab	2.34± 0.02bA
C14:1 n5	0.04± 0.01b	0.04± 0.00b	0.03± 0.01a	0.04± 0.01	0.04± 0.01	0.03± 0.00	0.04± 0.01b	0.04± 0.00b	0.03± 0.00a
C15:0	0.21± 0.02	0.18± 0.02	0.20± 0.02A	0.21± 0.02	0.20± 0.00	0.18± 0.01B	0.21± 0.02	0.23± 0.04	0.24± 0.01A
C16:0	22.58± 0.23b	21.9± 0.91b	20.4± 0.36aA	22.6± 0.23b	21.7± 0.71ab	21.5± 0.70aAB	22.6± 0.23b	22.7± 1.24b	21.0± 0.20aB
C16:1 n7	3.96± 0.20b	3.63± 0.32b	3.06± 0.19a	3.96± 0.20b	3.53± 0.11a	3.23± 0.18a	3.96± 0.20b	3.75± 0.10b	3.39± 0.13a
C17:0	0.25± 0.01	0.23± 0.02	0.24± 0.01	0.25± 0.01	0.24± 0.01	0.24± 0.02	0.25± 0.01	0.26± 0.02	0.24± 0.00
C17:1 n7	0.23± 0.01	0.20± 0.01	0.19± 0.05	0.23± 0.01b	0.19± 0.01a	0.19± 0.01a	0.23± 0.01b	0.21± 0.01a	0.20± 0.01a
C18:0	7.17± 0.23	7.63± 0.06B	7.47± 0.62	7.17± 0.23a	7.39± 0.16abA	7.90± 0.35b	7.17± 0.23a	7.00± 0.27aAB	7.87± 0.26b
C18:1 n9	29.26± 0.71	28.8± 0.95	27.8± 1.65	29.3± 0.71	28.8± 1.00	28.7± 0.74	29.3± 0.71	27.7± 1.90	27.4± 1.06
C18:1 n11	1.71± 0.12	1.64± 0.09	1.55± 0.08	1.71± 0.12	1.72± 0.01	1.64± 0.12	1.71± 0.12	1.77± 0.03	1.66± 0.05
C18:2 n-6 c	16.76± 0.97	16.5± 0.55A	16.8± 1.77B	16.8± 0.97	17.5± 0.56A	18.8± 1.92A	16.8± 0.97b	16.3± 0.53bB	13.3± 0.64aB
C18:2 n-6 t	0.04± 0.00	0.04± 0.00	0.04± 0.00	0.04± 0.00	0.04± 0.00	0.05± 0.01B	0.04± 0.00	0.04± 0.01	0.05± 0.01
C18:2 (9c, 11t)	0.03± 0.01	0.02± 0.00	0.03± 0.01	0.03± 0.01b	0.02± 0.00a	0.02± 0.00a	0.03± 0.01	0.02± 0.00	0.02± 0.00
C18:2 (9t, 11c)	0.25± 0.02	0.34± 0.14B	0.43± 0.01B	0.25± 0.02	0.32± 0.10A	0.30± 0.09C	0.25± 0.02a	0.41± 0.18a	0.64± 0.02bA
C18:3 n-3	3.09± 0.35a	5.45± 1.45b	6.05± 0.24bC	3.09± 0.35a	3.38± 0.13ab	3.71± 0.18bB	3.09± 0.35a	3.59± 0.77aA	4.91± 0.22bA
C20:2 n-6	0.53± 0.03	0.51± 0.04	0.50± 0.05	0.53± 0.03	0.50± 0.03	0.56± 0.09B	0.53± 0.03b	0.51± 0.04ab	0.46± 0.04a



C22:0	0.07± 0.01	0.07± 0.00A	0.08± 0.01A	0.07± 0.01a	0.08± 0.00aB	0.09± 0.01b	0.07± 0.01	0.08± 0.01B	0.08± 0.01B
C20:3 n-3	0.53± 0.04	0.57± 0.04	0.57± 0.07B	0.53± 0.04a	0.55± 0.05a	0.67± 0.07bA	0.53± 0.04b	0.58± 0.03b	0.41± 0.01aB
C22:1 n9	0.00± 0.00a	1.13± 0.31b	1.12± 0.23bB	0.00± 0.00a	1.07± 0.14b	1.15± 0.12b	0.00± 0.00a	1.58± 0.60b	2.59± 0.33cB
C20:4 n-6	0.58± 0.09	0.55± 0.07	0.48± 0.05	0.58± 0.09	0.55± 0.07	0.53± 0.13	0.58± 0.09	0.56± 0.03	0.48± 0.04
C22:2 n-6	0.03± 0.00	0.03± 0.00	0.04± 0.01	0.03± 0.00	0.03± 0.01	0.03± 0.00	0.03± 0.00	0.03± 0.00	0.03± 0.00
C20:5 n-3	1.23± 0.17	1.21± 0.24	1.40± 0.02B	1.23± 0.17	1.36± 0.03	1.15± 0.06A	1.23± 0.17a	1.50± 0.40a	2.19± 0.19bB
C22:4 n-6	0.11± 0.02	0.11± 0.02	0.09± 0.01	0.11± 0.02	0.10± 0.00	0.09± 0.01	0.11± 0.02b	0.11± 0.01b	0.08± 0.01a
C22:5 n-3	0.79± 0.04	0.79± 0.06	0.85± 0.08B	0.79± 0.04	0.80± 0.07	0.76± 0.03A	0.79± 0.04a	0.81± 0.12a	0.99± 0.02bB
C22:6 n-3	4.42± 0.05	4.63± 0.36	4.98± 0.55B	4.42± 0.05a	4.62± 0.31a	4.50± 0.21aA	4.42± 0.05a	4.94± 0.90a	6.20± 0.14bB
Σ SFA	32.09± 0.24b	31.9± 0.58b	30.1± 0.84aA	32.1± 0.24b	31.5± 0.24a	32.0± 0.27abB	32.1± 0.24	31.8± 0.62	32.0± 0.02B
Σ MUFA	35.21± 0.54	35.5± 1.03	35.2± 0.65	35.2± 0.54	35.4± 1.02	34.6± 0.24	35.2± 0.54	35.2± 1.62	34.9± 0.40
Σ PUFA	28.44± 0.67a	29.4± 2.55ab	31.9± 0.98bB	28.4± 0.67a	30.0± 1.34ab	30.6± 0.30bA	28.4± 0.67	29.4± 2.01	29.6± 0.88AB
Σ n-3	9.34± 0.36	11.0± 3.31	13.2± 0.11B	9.34± 0.36a	10.1± 0.44b	10.1± 0.37abC	9.34± 0.36a	10.8± 2.14a	14.5± 0.13bB
Σ n-6	18.06± 1.05	17.5± 0.98	18.0± 2.02B	18.1± 1.05	18.7± 0.54	19.4± 0.67A	18.1± 1.05b	17.6± 0.62b	14.4± 0.64a
Σ n-6 / Σ n-3	1.89± 0.22b	1.44± 0.34a	1.33± 0.07aB	1.89± 0.22	1.83± 0.01	1.86± 0.01A	1.89± 0.22b	1.68± 0.36b	1.05± 0.08aC
Σ n9	29.52± 0.72a	30.3± 0.52ab	31.5± 1.62b	29.5± 0.72	30.6± 0.60	30.5± 0.68	29.5± 0.72	29.7± 1.43	30.7± 0.84

A különböző kisbetűk a kezeléseken belüli, a különböző nagybetűk a kezelések közötti szignifikáns eltéréseket jelölik.

2. táblázat: A filé zsírsav-profiljának alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál

Zsírsav	Filé		
	Szójaolaj	Lenolaj	Halolaj
12:0	0.04±0.00	0.04±0.01	0.05±0.01
C14:0	2.21±0.15 <sup>a</sup>	2.44±0.13 <sup>ab</sup>	3.09±0.26 <sup>b</sup>
C14:1n-5c	0.09±0.00	0.12±0.01	0.12±0.03
C15:0	0.19±0.05	0.19±0.01	0.25±0.02
C16:0	22.52±1.21	22.03±0.32	22.36±0.40
C16:1n-7c	3.17±0.26	4.07±0.48	4.75±0.87
C17:0	0.37±0.03	0.39±0.01	0.37±0.12
C17:1n-7c	0.20±0.00 <sup>a</sup>	0.22±0.03 <sup>a</sup>	0.35±0.01 <sup>b</sup>
C18:0	8.58±0.07 <sup>b</sup>	7.29±0.84 <sup>ab</sup>	6.43±0.16 <sup>a</sup>
C18:1n-9c	21.56±1.69	22.25±2.14	23.08±2.71
C18:2n-6c	15.87±0.29 <sup>b</sup>	13.76±1.00 <sup>ab</sup>	11.47±0.14 <sup>a</sup>
C18:3n-6c	0.63±0.16	0.57±0.12	0.45±0.11
C18:3n-3c	1.07±0.10 <sup>a</sup>	4.51±0.03 <sup>b</sup>	1.14±0.10 <sup>a</sup>
C20:0	0.23±0.01	0.23±0.02	0.20±0.01
C20:1n-9c	2.37±0.14 <sup>a</sup>	2.08±0.15 <sup>a</sup>	3.92±0.09 <sup>b</sup>
C20:2n-6c	1.20±0.04 <sup>c</sup>	0.84±0.07 <sup>b</sup>	0.63±0.02 <sup>a</sup>
C20:3n-3c	1.37±0.02 <sup>c</sup>	0.98±0.07 <sup>b</sup>	0.76±0.04 <sup>a</sup>
C20:3n-6c	0.28±0.01 <sup>b</sup>	0.84±0.01 <sup>c</sup>	0.19±0.01 <sup>a</sup>
C20:4n-6c	3.55±0.11 <sup>b</sup>	2.71±0.35 <sup>ab</sup>	1.89±0.03 <sup>a</sup>
C20:5n-3c	0.35±0.03	0.44±0.01	0.94±0.25
C22:0	0.08±0.00 <sup>b</sup>	0.07±0.00 <sup>b</sup>	0.06±0.00 <sup>a</sup>
C22:1n-9c	0.11±0.00 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>	0.24±0.02 <sup>b</sup>
C22:5n-3c	1.75±0.12 <sup>a</sup>	2.14±0.00 <sup>ab</sup>	2.89±0.38 <sup>b</sup>
C22:6n-3c	11.97±0.91	11.39±0.12	14.10±3.13
C24:0	0.09±0.02 <sup>b</sup>	0.10±0.01 <sup>b</sup>	0.04±0.01 <sup>a</sup>
C24:1n-9c	0.15±0.00 <sup>a</sup>	0.16±0.01 <sup>ab</sup>	0.20±0.01 <sup>b</sup>
ΣSFA	34.32±1.53	32.78±1.35	32.87±0.06
ΣMUFA	27.64±2.10	29.03±2.83	32.67±3.48
Σn-3 PUFA	16.50±1.15	19.47±0.06	19.83±3.83
Σn-6 PUFA	21.54±0.59 <sup>b</sup>	18.72±1.54 <sup>b</sup>	14.63±0.29 <sup>a</sup>
ΣPUFA	38.04±0.57	38.19±1.48	34.46±3.54
n-6/n-3	1.31±0.12 <sup>b</sup>	0.96±0.08 <sup>ab</sup>	0.75±0.16 <sup>a</sup>
IA	0.48±0.04	0.47±0.02	0.52±0.01
IT	0.44±0.01	0.38±0.02	0.38±0.04

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

3. táblázat: A filé és az ivarszervek zsírsav-profiljának alakulása a különböző olajkiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nílusi tilápiánál

Zsírsav	Szerv	Szójaolaj		Lenolaj		Halolaj	
		tejes	ikrás	tejes	ikrás	tejes	ikrás
C18:2 n-6	Filé	15,8±0,29 <sup>B</sup>	13,9±2,06 <sup>AB</sup>	13,7±1,00 <sup>AB</sup>	14,2±1,27 <sup>AB</sup>	11,8±0,73 <sup>A</sup>	12,6±1,66 <sup>AB</sup>
	Gonád	13,3±0,39 <sup>CD</sup>	14,8±0,36 <sup>D</sup>	10,9±0,59 <sup>BC</sup>	12,2±0,85 <sup>C</sup>	8,23±1,06 <sup>A</sup>	9,10±0,60 <sup>AB</sup>
C20:4 n-6	Filé	3,55±0,11	4,15±1,21	2,71±0,35	3,27±1,04	2,18±0,51	3,02±1,13
	Gonád	9,98±1,20 <sup>D</sup>	3,90±0,36 <sup>AB</sup>	7,03±1,35 <sup>CD</sup>	2,67±0,18 <sup>A</sup>	6,09±0,79 <sup>BC</sup>	2,65±0,27 <sup>A</sup>
C18:3 n-3	Filé	1,07±0,10 <sup>B</sup>	0,79±0,22 <sup>AB</sup>	4,51±0,03 <sup>D</sup>	2,22±0,08 <sup>C</sup>	1,10±0,10 <sup>B</sup>	0,46±0,15 <sup>A</sup>
	Gonád	0,58±0,11 <sup>A</sup>	1,18±0,15 <sup>A<sup>B</sup></sup>	3,01±1,35 <sup>BC</sup>	4,66±0,46 <sup>C</sup>	0,60±0,12 <sup>A</sup>	0,50±0,30 <sup>A</sup>
C20:5 n-3	Filé	0,35±0,03	0,46±0,03	0,44±0,01	0,48±0,15	0,96±0,19	0,34±0,09
	Gonád	0,69±0,03 <sup>A</sup>	0,25±0,02 <sup>A</sup>	1,02±0,49 <sup>AB</sup>	0,39±0,04 <sup>A</sup>	2,04±0,51 <sup>B</sup>	0,39±0,10 <sup>A</sup>
C22:6 n-3	Filé	11,97±0,91	12,97±2,98	11,39±0,12	10,08±2,98	15,22±2,94	6,99±2,98
	Gonád	16,2±1,26 <sup>A</sup>	13,6±2,11 <sup>A</sup>	17,1±5,19 <sup>AB</sup>	12,2±0,40 <sup>A</sup>	25,3±1,45 <sup>B</sup>	16,7±1,26 <sup>A</sup>
DHA/E PA	Filé	34,4±0,64 <sup>C</sup>	28,0±4,95 <sup>BC</sup>	26,0±0,82 <sup>B</sup>	21,2±0,26 <sup>AB</sup>	15,8±1,23 <sup>A</sup>	20,8±2,60 <sup>AB</sup>
	Gonád	23,5±0,96 <sup>A</sup>	54,5±9,01 <sup>C</sup>	17,6±3,30 <sup>A</sup>	31,7±4,12 <sup>AB</sup>	13,0±3,82 <sup>A</sup>	43,4±4,84 <sup>BC</sup>
SFA	Filé	34,3±1,53	33,4±2,30	32,7±1,35	32,9±0,83	32,0±1,43	33,9±1,57
	Gonád	32,9±0,56	32,8±3,03	31,1±0,16	30,9±0,33	31,3±0,40	29,6±1,68
MUFA	Filé	27,6±2,10 <sup>A</sup>	28,9±0,37 <sup>A</sup>	29,0±2,83 <sup>A</sup>	31,6±2,48 <sup>AB</sup>	31,4±3,24 <sup>AB</sup>	38,6±1,43 <sup>B</sup>
	Gonád	17,3±3,35 <sup>A</sup>	27,7±0,90 <sup>ABC</sup>	19,9±7,03 <sup>AB</sup>	30,5±0,68 <sup>BC</sup>	17,9±1,58 <sup>A</sup>	35,6±0,79 <sup>C</sup>
n- 3PUFA	Filé	16,5±1,15 <sup>AB</sup>	17,6±3,52 <sup>AB</sup>	19,4±0,06 <sup>AB</sup>	15,8±3,56 <sup>AB</sup>	21,1±3,47 <sup>B</sup>	10,2±3,54 <sup>A</sup>
	Gonád	23,0±1,87 <sup>A</sup>	18,3±1,87 <sup>A</sup>	27,3±5,70 <sup>AB</sup>	21,0±0,19 <sup>A</sup>	34,7±1,31 <sup>B</sup>	20,8±1,03 <sup>A</sup>
n- 6PUFA	Filé	21,5±0,59 <sup>C</sup>	19,9±0,85 <sup>BC</sup>	18,7±1,54 <sup>AB<sub>c</sub></sup>	19,5±0,25 <sup>BC</sup>	15,4±1,37 <sup>A</sup>	17,2±0,55 <sup>AB</sup>
	Gonád	26,6±2,04 <sup>C</sup>	21,1±0,27 <sup>B</sup>	21,6±1,16 <sup>B</sup>	17,5±0,55 <sup>AB</sup>	15,9±1,17 <sup>A</sup>	13,8±0,41 <sup>A</sup>
n-3/n-6	Filé	0,77±0,07 <sup>A</sup>	0,89±0,21 <sup>AB</sup>	1,04±0,09 <sup>AB</sup>	0,81±0,19 <sup>AB</sup>	1,37±0,20 <sup>B</sup>	0,59±0,20 <sup>A</sup>
	Gonád	0,86±0,00 <sup>A</sup>	0,87±0,08 <sup>A</sup>	1,26±0,20 <sup>AB</sup>	1,20±0,05 <sup>AB</sup>	2,18±0,15 <sup>C</sup>	1,51±0,06 <sup>B</sup>

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek

4. táblázat: A filé zsírsav-profiljának alakulása a szójaolaj és szelén kiegészítést tartalmazó tápokkal etetett nilusi tilápiánál és afrikai harcsánál

Zsírsav	Kezdő		8. hét			
	Tilápia	Afr. harcsa	Tilápia		Afrikai harcsa	
			kontroll	kezelt	kontroll	kezelt
C14:0	2.29±0.66b	1.18±0.11a	1.14±0.39a	1.35±0.51a	0.93±0.09a	0.92±0.08a
C16:0	21.45±1.84a	23.96±0.90b	21.67±0.42a	20.28±0.78a	20.68±1.07a	20.37±0.73a
C16:1n-7c	3.85±1.45b	3.32±0.24ab	2.17±0.93a	2.19±1.14a	2.26±0.25a	2.16±0.21a
C18:0	8.41±1.40a	9.43±1.11ab	10.56±0.95b	9.85±1.63ab	10.02±0.38ab	9.53±0.32ab
C18:1n-9c	24.18±6.18b	34.03±1.87c	16.77±3.87a	16.70±3.00a	27.62±2.69bc	27.22±2.95b
C18:2n-6c	15.46±2.07a	13.06±0.74a	14.66±0.80a	18.43±2.38b	15.67±1.52ab	18.28±1.27b
C18:3n-3c	0.93±0.26ab	0.89±0.06ab	0.78±0.09a	1.16±0.28bc	1.42±0.18c	1.82±0.24d
C20:1n-9c	2.34±0.45c	1.75±0.22b	1.38±0.26ab	1.15±0.21a	1.72±0.11b	1.54±0.13ab
C20:2n-6c	1.07±0.15bc	0.54±0.05a	1.38±0.20cd	1.69±0.42d	0.75±0.08ab	0.78±0.13ab
C20:3n-6c	1.11±0.21b	0.67±0.10a	1.31±0.06bc	1.56±0.29c	1.04±0.17b	1.18±0.19b
C20:4n-6c	5.05±2.94b	1.11±0.28a	8.30±1.48c	9.40±1.76c	1.64±0.36a	1.51±0.48a
C20:5n-3c	0.48±0.19a	1.23±0.27b	0.60±0.13b	0.36±0.06a	1.86±0.33c	1.66±0.32c
C22:5n-3c	1.77±0.60c	0.67±0.09a	1.98±0.18c	1.49±0.35bc	1.11±0.22ab	1.09±0.25ab
C22:6n-3c	9.09±4.46a	6.41±1.40a	15.09±3.06b	11.98±4.56ab	11.60±2.64ab	10.31±2.73ab
ΣSFA	33.16±2.16ab	35.52±1.28c	34.29±0.40bc	32.34±1.37ab	32.59±1.20ab	31.68±0.85a
ΣMUFA	30.80±7.66b	39.44±1.95c	20.57±5.11a	20.31±4.31a	31.87±2.96bc	31.17±3.20b
Σn-3 PUFA	12.48±4.97ab	9.30±1.68a	18.73±3.24b	15.31±4.66ab	16.16±3.04b	15.04±3.06b
Σn-6 PUFA	23.54±2.96cd	15.72±1.06a	26.40±1.79d	32.02±3.22e	19.36±1.49ab	22.08±1.49bc
ΣPUFA	36.03±6.86b	25.02±2.23a	45.13±4.90c	47.34±3.52c	35.52±3.40b	37.13±3.86b
n-6/n-3	2.10±0.67ab	1.74±0.38ab	1.43±0.15ab	2.34±1.01b	1.23±0.23a	1.52±0.38ab
IA	0.46±0.07c	0.44±0.02bc	0.40±0.02abc	0.39±0.04ab	0.36±0.02a	0.35±0.01a
IT	0.51±0.10ab	0.62±0.06b	0.42±0.03a	0.44±0.05a	0.42±0.05a	0.43±0.05a

Az azonos betűvel jelölt átlagok szignifikáns mértékben nem különböznek